

Penerapan Teknik Elektrokoagulasi dalam Pengurangan Bahan Organik Air Limbah Kegiatan Perikanan

(The Application of Electro-Coagulation Technique in Reducing Organic Materials in Waste Water of Fish Culture)

Fitri Afina Radityani^{1*}, Sigid Hariyadi², Suprihatin³, Dede Heri Yuli Yanto⁴, Sita Heris Anita⁴

(Diterima Februari 2019/Disetujui Februari 2020)

ABSTRAK

Elektrokoagulasi merupakan salah satu teknik pengolahan secara fisik yang dapat diterapkan untuk mengolah air limbah pemeliharaan ikan. Penelitian eksperimental ini bertujuan untuk menentukan besar tegangan listrik dan waktu yang efektif teknik elektrokoagulasi dalam pengolahan air limbah. Beberapa perlakuan perbedaan besar (6 dan 12V) selama 15, 30, 45, dan 60 menit diterapkan dalam pengujian. Hasil eksperimen menunjukkan adanya perubahan, berupa peningkatan maupun penurunan kualitas air, dari kondisi awal air limbah. Penurunan *Chemical Oxygen Demand* (COD) terjadi pada tegangan 12V selama 60 menit (82,89%); ortofosfat pada tegangan 12V selama 45 menit (67,49%); kekeruhan pada tegangan 12V selama 60 menit (69,65%); warna pada tegangan 12V selama 60 menit (70,49%); *Total Suspended Solid* (TSS) pada tegangan 12V selama 15 menit (31,90%); dan *Total Dissolved Solid* (TDS) pada tegangan 12V selama 60 menit (10,31%). Selanjutnya, peningkatan amonia bebas terjadi pada tegangan 12V selama 15 menit (291,09%); amonium pada tegangan 12V selama 30 menit (8,85%); dan pH pada tegangan 6V selama 60 menit (16%). Perlakuan terbaik untuk mengolah air limbah pemeliharaan ikan adalah perlakuan tegangan 12V selama 30 menit.

Kata kunci: bahan organik, elektrokoagulasi, kualitas air, pengolahan limbah

ABSTRACT

Electrocoagulation is one of physical techniques in waste-water treatment that applicable for organic waste from aquaculture. This research aims to determining the effectivity of electro-coagulation technique with different electrical voltages and duration consumed in waste-water treatment. The treatments used two electrical voltage levels (6 dan 12V) and four different durations of time consumed (15, 30, 45, and 60 minutes). The result showed the changes of water quality. Decreasing values shown by Chemical Oxygen Demand (COD) at the voltage of 12V and duration of 60' (in about 82,89%); orthophosphate at the voltage of 12V and duration of 45' (67.49%); turbidity at the voltage of 12V and duration of 60' (69.65%); color at the voltage of 12V and duration of 60' (70.49%); Total Suspended Solid (TSS) at the voltage of 12V and duration of 15' (31.90%); and Total Dissolved Solid (TDS) at the voltafe of 12V and duration of 60' (10.31%). Furthermore, increasing values were found in parameters of free ammonia at the voltage of 12V and duration of 15' (291.09%); ammonium at the viltage of 12V and duration of 30' (8.85%); and pH at the voltage of 6V and duration of 60' (16%). The best treatment in improving water quality of treated organic waste from aquaculture was the voltage of 12V for 30 minutes.

Keywords: electro-coagulation, organic materials, water quality, waste-water treatment

PENDAHULUAN

Kegiatan pemeliharaan ikan akan menghasilkan limbah organik, baik dalam bentuk terlarut maupun

partikel (Saleem *et al.* 2011) sehingga diperlukan suatu kolam pengendapan yang terpisah untuk menjaga kualitas air pemeliharaan ikan (Kordi 2008), terutama pada sistem resirkulasi (Rahardja *et al.* 2010). Penumpukan partikel bahan organik berakibat pada peningkatan kekeruhan yang dapat mengganggu sistem metabolisme ikan (Johnson & Chen 2006) yang akan menurunkan produksi perikanan.

Penggunaan sistem resirkulasi tertutup memerlukan pengelolaan limbah organik, terutama yang berada dalam bentuk partikel, sehingga kualitas air di kolam pemeliharaan ikan terjaga. Dengan demikian, air limbah terolah dapat dialirkan kembali ke kolam-kolam pemeliharaan ikan.

Pengolahan limbah organik partikulat dapat dilakukan dengan menggunakan teknik elektrokoagulasi.

¹ Sekolah Pascasarjana, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

² Departemen Manajemen Sumberdaya Perairan, Fakultas Perikanan dan Ilmu Kelautan, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

³ Departemen Teknologi Industri Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

⁴ Pusat Penelitian Biomaterial, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia, Jl. Raya Jakarta-Bogor, No. KM 46, Cibinong, Bogor 16911

* Penulis Korespondensi:
 Email: fitriafinaradityani@gmail.com

Elektrokoagulasi dilakukan menggunakan plat logam sebagai anoda dan katoda berupa besi, aluminium, atau *stainless steel* yang dialiri arus listrik dan dicelupkan ke dalam air limbah. Pembentukan gelembung udara di dalam air limbah yang disertai dengan pelepasan Al^{3+} atau Fe^{2+} dari plat elektroda akan diikuti oleh pembentukan flok $Al(OH)_n$ atau $Fe(OH)_n$ yang mengikat partikel tersuspensi di dalam air limbah pemeliharaan ikan.

Teknik elektrokoagulasi cukup efektif dalam menurunkan nilai kekeruhan, warna, amonia bebas, dan logam berat pada pengolahan air limbah industri nonperikanan (Adhoum *et al.* 2004; Yulianto *et al.* 2009), namun belum banyak diterapkan dalam pengolahan limbah dari kolam pemeliharaan ikan. Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk menentukan tingkat efektivitas penggunaan metode elektrokoagulasi dalam menurunkan bahan organik pada limbah pemeliharaan ikan.

METODE PENELITIAN

Pada penelitian ini diberikan perlakuan berupa variasi waktu dan tegangan listrik yang dialirkan ke plat aluminium. Perlakuan ini untuk mengetahui seberapa efektif penggunaan metode elektrokoagulasi dalam mengolah air limbah pemeliharaan ikan berdasarkan besar tegangan dan waktu kontak.

Perbaikan kualitas air dapat ditentukan oleh perubahan nilai parameter kualitas air yang menunjukkan penurunan bahan organik pada air limbah. Beberapa parameter kualitas air yang diujikan adalah kebutuhan oksigen kimiawi (COD), nutrisi (amonia bebas, amonium, dan ortofosfat), pH, kekeruhan, warna, padatan tersuspensi (TSS), dan padatan terlarut (TDS).

Penelitian terbagi menjadi penelitian pendahuluan dan penelitian utama. Tujuan penelitian pendahuluan adalah untuk menentukan jenis plat elektroda dan besar tegangan yang dapat diterapkan pada penelitian utama berdasarkan pembentukan flok. Selanjutnya, tujuan penelitian utama adalah untuk menentukan besar tegangan dan lama waktu yang efektif dalam menurunkan bahan organik pada air limbah dengan menggunakan metode elektrokoagulasi.

Hasil penelitian utama dianalisis menggunakan rancangan faktorial. Rancangan faktorial menggunakan dua atau lebih faktor pada hasil suatu proses. Rancangan faktorial digunakan untuk mengetahui respons dan interaksi air limbah pada faktor besar tegangan dan lama waktu pengoperasian rangkaian elektrokoagulasi.

Rancangan penelitian

Pada penelitian ini digunakan air limbah untuk pemeliharaan ikan lele yang berukuran 8 cm sebanyak ekor. Pada penelitian pendahuluan, digunakan plat aluminium dan besi sebagai pembanding (Holt *et al.* 2005), serta dilakukan pengujian besar tegangan ber-

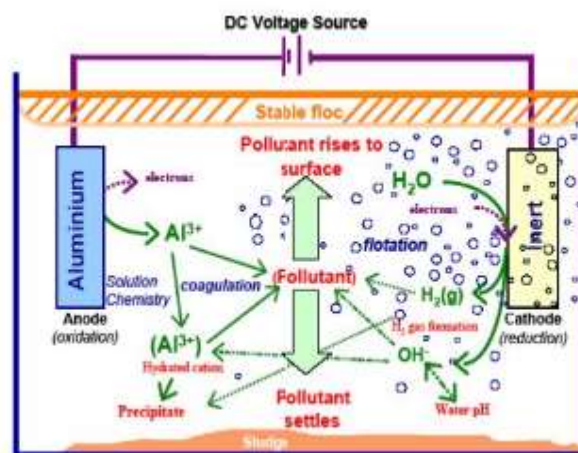
dasarkan skala pada adaptor dan besar tegangan optimum dalam mengolah air limbah oleh Saleem *et al.* (2011), yaitu 3, 6, 9, dan 12V untuk menurunkan parameter TSS. Hasil yang didapat dari penelitian pendahuluan berupa jenis plat, dan besar tegangan terbaik dalam menurunkan TSS air limbah.

Berdasarkan hasil penelitian pendahuluan, plat aluminium yang dialiri listrik sebesar 6 dan 12V mampu menurunkan parameter TSS dari pada plat besi serta penggunaan tegangan sebesar 3 dan 9V. Pada penelitian utama, sepasang plat elektroda aluminium dialiri listrik dengan besar tegangan berbeda untuk setiap perlakuan, yaitu 6 dan 12V pada jarak antarpasangan sebesar 2 cm. Besar tegangan didasarkan pada hasil penelitian pendahuluan dan besar tegangan optimum dalam mengolah air limbah oleh Holt *et al.* (2005) dan Saleem *et al.* (2011). Perlakuan waktu dibagi ke dalam empat kelompok, yaitu 15, 30, 45, dan 60 menit.

Analisis Data

Skema rangkaian reaktor elektrokoagulasi dalam pengolahan limbah pemeliharaan ikan disajikan pada Gambar 1. Analisis contoh air limbah yang belum diolah menggunakan elektrokoagulasi dilakukan untuk mempelajari kondisi awal air limbah. Selanjutnya juga dilakukan analisis terhadap kondisi akhir air limbah. Analisis kualitas air pada penelitian ini didasarkan pada *American Public Health Association* (APHA) (Rice *et al.* 2012) dan *United States Environmental Protection Agency* (EPA) (EPA 2013) (Tabel 1) dan PPRI No. 82 tahun 2001 (PPRI 2001) sebagai landasan bakumutu kualitas air.

Hasil penelitian pendahuluan digunakan dalam penelitian utama yang dilakukan untuk menentukan besar tegangan dan waktu dalam menurunkan bahan organik pada air limbah dengan rancangan percobaan faktorial dengan waktu. Sistem terpusat (*batch*) dengan dua kelompok perlakuan, yaitu besar tegangan dan waktu diterapkan dalam penelitian ini. Kegiatan dilakukan dengan 800 mL air limbah kegiatan pemeliharaan ikan lele dalam gelas beker 1000 mL.



Gambar 1 Mekanisme yang terjadi selama proses elektrokoagulasi berlangsung (Holt *et al.* 2005).

Tabel 1 Parameter kualitas air, metode, dan alat ukur yang digunakan selama penelitian

Parameter	Satuan	Metode	Alat ukur
COD	mgL ⁻¹	Refluks tertutup	Spektrofotometer
Total Nitrogen Amonia (TAN) ¹⁾	mgL ⁻¹	<i>Phenate</i>	Spektrofotometer
Ortofosfat	mgL ⁻¹	<i>Automated ascorbic acid</i>	Spektrofotometer
pH	-	<i>Electrometric</i>	pH meter
Kekeruhan	NTU	<i>Nephelometric</i>	Turbiditi meter
Warna	PtCo	Panjang gelombang tunggal	Spektrofotometer
TSS	mgL ⁻¹	Pengeringan pada suhu 103-105°C	Timbangan analitik
TDS	mgL ⁻¹	Pengeringan pada suhu 180°C	Timbangan analitik

Keterangan: ¹⁾ Penentuan nilai amonia bebas dan amonium didasarkan pada perhitungan nilai TAN dengan pKa, pH dan suhu pada EPA (2013) dengan rumus: $\text{NH}_4^+ = \text{TAN} / (1 + \text{antilog}(\text{pH} - \text{pKa})) = \text{TAN} - \text{NH}_3$; pKa = 0,09018 + (2729,92/(273+T)) (Emerson *et al.* 1975; Wood 1993 *in* EPA 2013).

Kualitas air sesudah proses elektrokoagulasi dianalisis; karena kualitas air merupakan kondisi fisik, kimia, dan biologi yang menggambarkan kondisi perairan (Boyd & Lichtkoppler 1979). Perubahan kualitas air di kolam pemeliharaan ikan dianalisis dengan mengacu pada perhitungan yang diajukan oleh Arifin (2000), yaitu:

$$E (\%) = \frac{(A - B)}{A} \times 100$$

Keterangan:

A = Nilai kualitas air sebelum pengolahan

B = Nilai kualitas air setelah pengolahan

E = Efektivitas pengolahan

Nilai sebaran setiap parameter yang diamati menurut Arifin (2000) digunakan dalam menentukan tingkat efektivitas pengolahan air limbah. Dalam hal ini, terdapat lima kategori, yaitu buruk sekali (0–20%); buruk (21–40%); sedang (41–60%); baik (61–80%); dan baik sekali (81–100%). Selanjutnya, untuk memilih perlakuan terbaik, dibentuk suatu matriks pembobotan tingkat efektivitas pengolahan air limbah berdasarkan kriteria tersebut serta beberapa indikator lain.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengolahan air limbah pemeliharaan lele dilakukan menggunakan perbedaan besar tegangan dan waktu kontak plat Al dengan air limbah, yaitu 6 dan 12V pada waktu 15, 30, 45, dan 60 menit. Hasil yang didapat dari penelitian ini meliputi kondisi air limbah sebelum dan sesudah perlakuan seperti yang tertera pada Gambar 2–11.

Konsentrasi COD (Gambar 3) pada penelitian ini cenderung menurun setelah diolah menggunakan metode elektrokoagulasi dengan waktu dan tegangan yang berbeda. Penurunan rata-rata konsentrasi COD terbesar terjadi pada besar tegangan 12V selama 60 menit, yaitu sebesar 82,89% dari kondisi awal. Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan adanya beda nyata ($P < 0,05$) pada perlakuan waktu 15 dengan 30 menit, dan 60 dengan seluruh perlakuan waktu.

Konsentrasi amonia bebas (Gambar 4) pada perlakuan berdasarkan perbedaan besar tegangan

cenderung meningkat. Peningkatan rata-rata tertinggi konsentrasi amonia bebas terjadi pada besar tegangan 12V selama 60 menit, sebesar 7873,95% dan terendah terjadi pada besar tegangan 12V selama 30 menit, sebesar 291,09%. Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan adanya perbedaan pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada setiap perlakuan waktu.

Peningkatan rata-rata tertinggi konsentrasi amonium (Gambar 5) terjadi pada besar tegangan 12V selama 60 menit, yaitu sebesar 423,28% dan terendah terjadi pada besar tegangan 12V selama 30 menit, yaitu sebesar 8,85%. Hasil yang didapat dari uji lanjut Tukey adalah adanya perbedaan besar pengaruh nyata ($P < 0,05$) pada perlakuan waktu 60 menit dengan 15, 30, dan 45 menit.

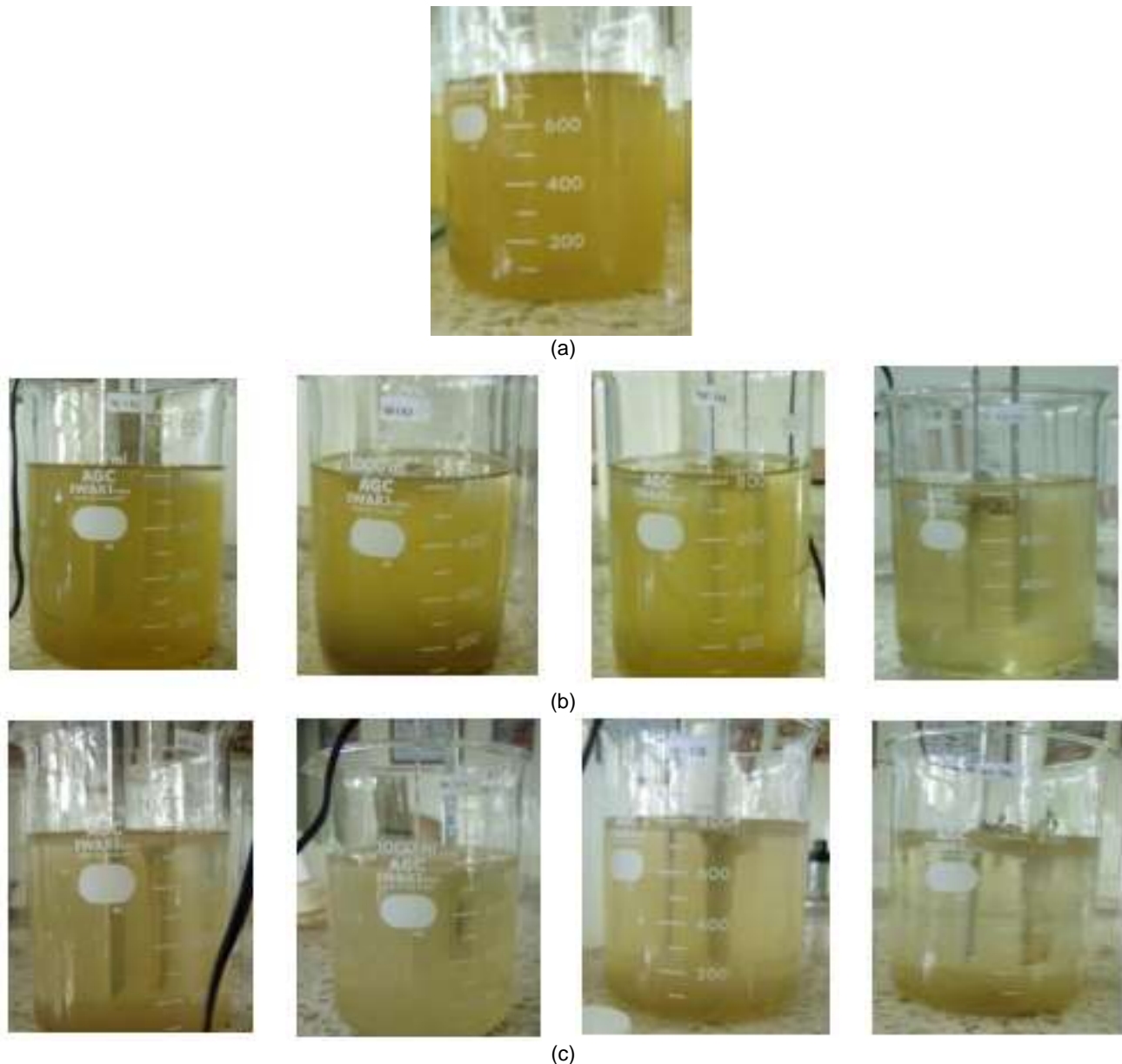
Penurunan rata-rata konsentrasi ortofosfat (Gambar 6) terbesar terjadi pada besar tegangan 12V selama 45 menit, yaitu sebesar 67,49% dari kondisi awal air limbah. Hasil yang didapat dari uji lanjut Tukey adalah adanya perbedaan nyata ($P < 0,05$) pada beberapa perlakuan waktu kontak, kecuali pada perlakuan waktu 15 dengan 30 menit dan 45 dengan 60 menit.

Nilai pH (Gambar 7) pada kedua perlakuan cenderung meningkat. Peningkatan nilai rata-rata pH terbesar terjadi pada besar tegangan 6V selama 60 menit, yaitu sebesar 16% dari kondisi awal air limbah. Hasil yang diperoleh dari uji Tukey ialah adanya perbedaan nyata pada perlakuan waktu kontak 15, 30, dan 60 menit ($P < 0,05$).

Penurunan nilai rata-rata kekeruhan (Gambar 8) terbesar terjadi pada besar tegangan 12V selama 60 menit, yaitu sebesar 69,65% dari kondisi awal air limbah. Hasil yang didapat dari uji Tukey adalah adanya perbedaan nyata ($P < 0,05$) pada seluruh perlakuan waktu kontak plat dengan air limbah.

Besar nilai konsentrasi warna (Gambar 9) pada kedua perlakuan berdasarkan perbedaan besar tegangan cenderung menurun. Penurunan rata-rata warna terbesar terjadi pada besar tegangan 12V selama 60 menit, yaitu sebesar 70,49% dari kondisi awal air limbah. Hasil yang didapat dari uji Tukey adalah adanya perbedaan yang signifikan pada waktu kontak 30 dan 60 menit ($P < 0,05$).

Perubahan nilai TSS (Gambar 10) cenderung meningkat pada tegangan 6V. Peningkatan rata-rata nilai TSS tertinggi terjadi pada besar tegangan 6V



Gambar 2 a) Dokumentasi kondisi awal air limbah, b) hasil pengolahan menggunakan metode elektrokoagulasi dengan perlakuan 6V; dan c) 12V selama 15,30, 45, dan 60 menit.

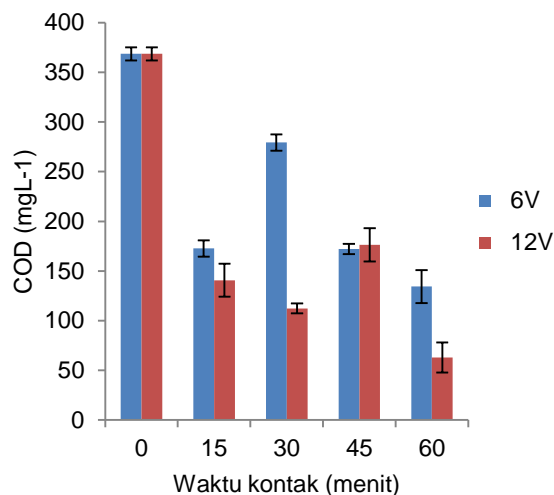
selama 30 menit, yaitu sebesar 877,79%. Penurunan TSS tertinggi terjadi pada perlakuan besar tegangan 12V selama 15 menit, yaitu sebesar 31,90%. Berdasarkan hasil uji lanjut Tukey didapatkan adanya pengaruh yang signifikan ($P < 0,05$) pada waktu kontak 45 dan 60 menit.

Terdapat penurunan nilai TDS (Gambar 11) berdasarkan perbedaan besar tegangan dan waktu kontak. Penurunan nilai rata-rata TDS tertinggi terjadi pada besar tegangan 12V selama 60 menit, yaitu sebesar 10,31% dari kondisi awal. Hasil yang didapat dari analisis uji lanjut Tukey adalah adanya perbedaan pengaruh yang nyata ($P < 0,05$) pada setiap perlakuan waktu kontak plat dengan air limbah.

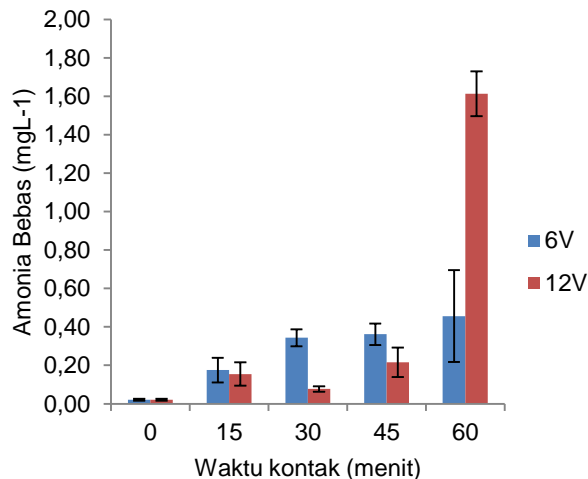
Kegiatan pemeliharaan ikan umumnya menghasilkan limbah yang berasal dari penumpukan sisa pakan dan hasil ekskresi ikan yang dipelihara (Saleem *et al.* 2011). Pengolahan air limbah secara terpusat

menggunakan sistem resirkulasi dapat diterapkan untuk memperbaiki kualitas air limbah (Rahardja *et al.* 2010).

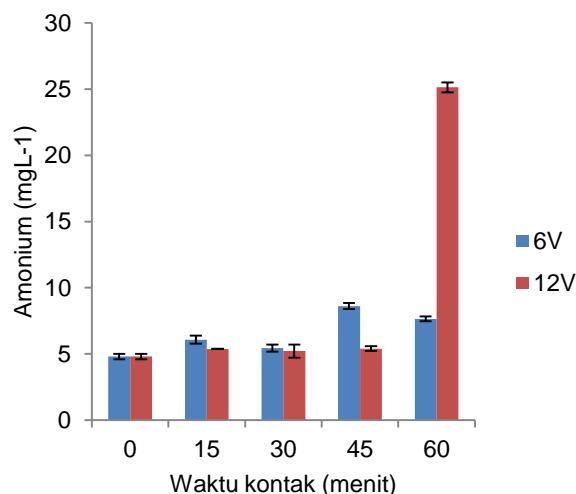
Limbah hasil pemeliharaan ikan dapat diolah dengan menggunakan tumbuhan air, koagulasi konvensional maupun elektrokoagulasi. Eceng gondok (*Eichhornia crassipes*) mampu menurunkan COD sebesar 59,02% dan kekeruhan sebesar 72,63% dalam jangka waktu 4 minggu (Akinbile & Yusoff 2012). Penerapan metode koagulasi konvensional mampu menurunkan 42% kekeruhan selama 60 menit (Ozbay 2005). Sementara, pada penelitian ini, metode elektrokoagulasi mampu menurunkan COD sebesar 82,89% dan kekeruhan sebesar 69,65% selama 60 menit. Dengan demikian, terlihat bahwa teknik elektrokoagulasi dapat berfungsi lebih baik dibandingkan dengan tumbuhan air.



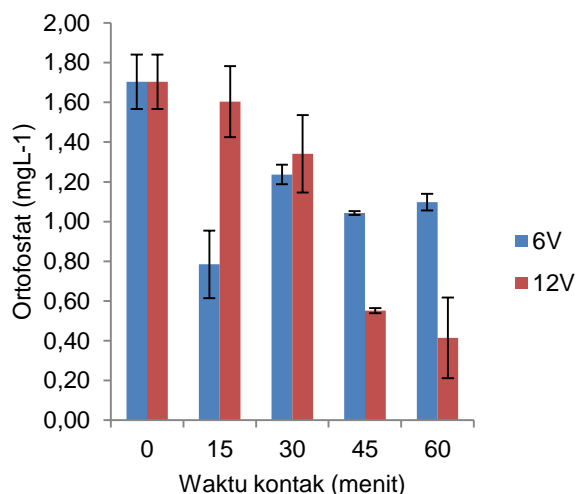
Gambar 3 Nilai COD (mgL⁻¹) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.



Gambar 4 Nilai amonia bebas (mgL⁻¹) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.



Gambar 5 Nilai amonium (mgL⁻¹) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda

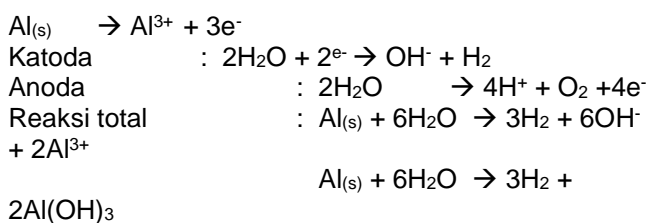


Gambar 6 Nilai ortofosfat (mgL⁻¹) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.

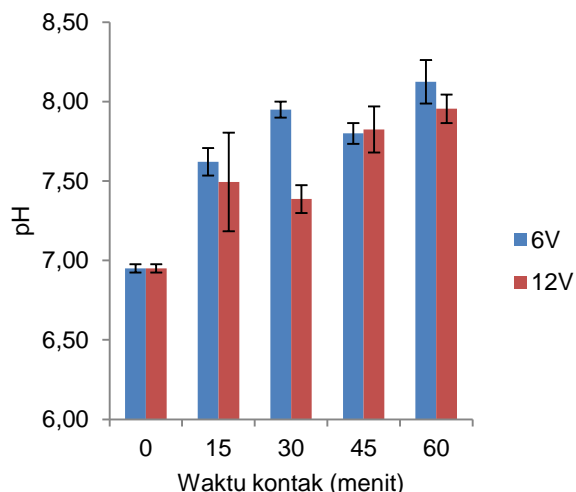
Koagulan yang digunakan pada proses elektrokoagulasi adalah aluminium (Al) batangan, yang dapat digunakan hingga aluminium terkikis habis. Hal tersebut didasarkan pada besar efisiensi arus selama berlangsungnya proses elektrokoagulasi yang akan mempengaruhi kecepatan proses reduksi aluminium yang digunakan (Vo *et al.* 2015). Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Hudori (2008) bahwa elektroda dengan bobot rata-rata sebesar 75 g diperkirakan dapat digunakan hingga 431 jam pengoperasian metode elektrokoagulasi dalam mengolah air limbah.

Gas buih dan flok Al(OH)_n yang dihasilkan dari proses elektrokoagulasi menunjukkan kemampuan teknik ini dalam mengikat kontaminan dan partikel-partikel dalam air limbah sehingga diharapkan dapat membantu menurunkan konsentrasi bahan organik

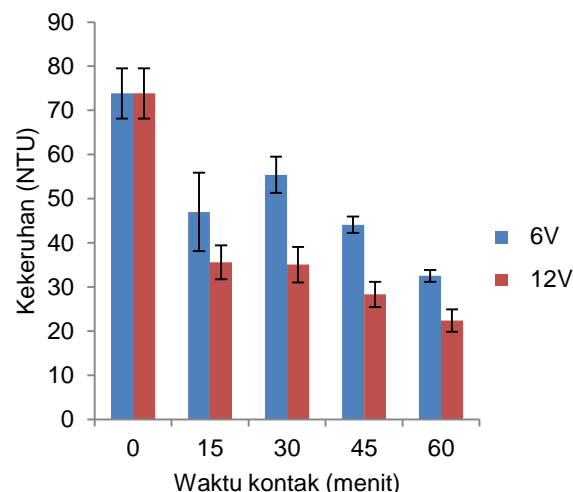
pada air limbah. Proses pembentukan flok dapat diketahui dari persamaan reaksi yang dijelaskan oleh Mollah *et al.* (2004); Iswanto *et al.* (2009) berikut:



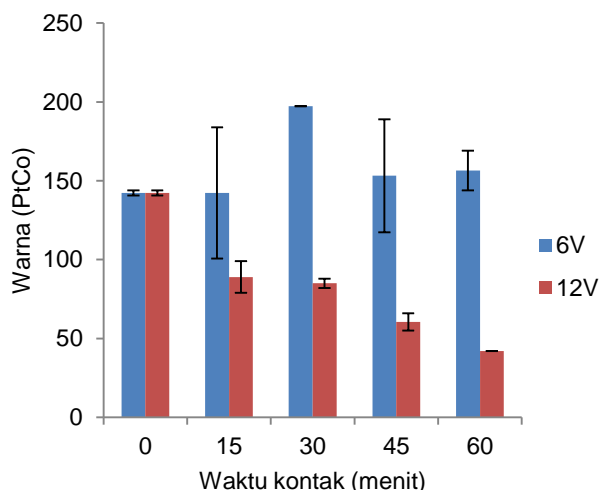
Nilai COD (Gambar 3) semakin menurun seiring dengan peningkatan tegangan dan waktu kontak dengan elektroda selama mengolah air limbah. Hal ini disebabkan oleh pengikatan bahan organik berbentuk



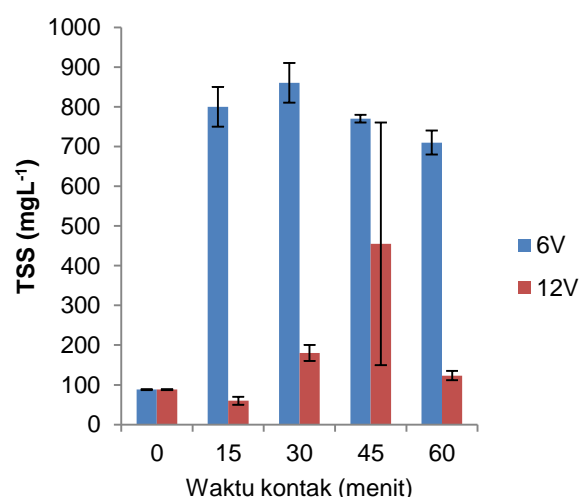
Gambar 7 Nilai pH pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.



Gambar 8 Nilai kekeruhan (NTU) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.



Gambar 9 Nilai warna (PtCo) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.

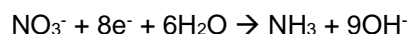


Gambar 10 Nilai TSS (mgL⁻¹) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.

koloid bermuatan negatif dalam air limbah menjadi flok $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Hendriaranti & Sandy 2011). Massa jenis flok yang lebih besar dari massa jenis air menyebabkan flok tersebut mengendap di dasar. Meskipun demikian, penurunan COD terbesar yang didapatkan dari perlakuan 12V selama 60 menit, yaitu sebesar 62,89 mgL^{-1} , belum memenuhi baku mutu nilai COD untuk kegiatan pemeliharaan ikan yaitu 50 mgL^{-1} (KLH 2001). Hal ini menunjukkan diperlukannya penambahan waktu kontak.

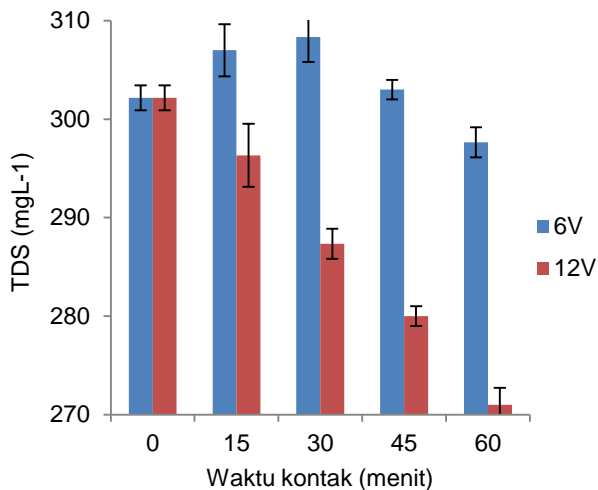
Peningkatan nilai terjadi pada amonia bebas (NH_3) dan ion amonium (NH_4^+) yang diduga terjadi akibat reduksi nitrat yang cepat pada air limbah setelah diolah menggunakan metode elektrokoagulasi (Koparal & Ögütveren 2002; Emamjomeh & Sivakumar 2005).

Reaksi peningkatan amonia bebas ditunjukkan dalam persamaan reaksi berikut:



Sementara, berikatannya amonia bebas dalam air limbah dengan ion hidrogen (H^+) yang dihasilkan di katoda akan meningkatkan ion amonium.

Nilai konsentrasi amonia bebas yang didapat pada penelitian ini, yaitu sebesar 0,08 mgL^{-1} pada tegangan 12V selama 30 menit, sudah memenuhi standar untuk kegiatan pemeliharaan ikan. Kondisi demikian telah memadai karena perairan dapat digunakan untuk kegiatan pemeliharaan ikan lele karena apabila konsentrasi amonia bebas dalam air berkisar antara 0,60–2,00 mgL^{-1} (Boyd & Lichtkoppler 1979).



Gambar 11 Nilai TDS (mgL^{-1}) pada pengolahan limbah pemeliharaan ikan lele menggunakan teknik elektrokoagulasi dengan besar tegangan dan waktu kontak yang berbeda.

Selama proses elektrokoagulasi berlangsung, terjadi pelepasan ion aluminium (Al^{3+}) ke lingkungan. Pengikatan yang terjadi antara ion aluminium (Al^{3+}) dengan ortofosfat (PO_4^{3-}) pada pH lebih dari 6 menghasilkan senyawa aluminium fosfat (AlPO_4) diduga menjadi penyebab penurunan konsentrasi ortofosfat (Bektaş *et al.* 2004). Namun, terbentuknya lapisan yang menyelimuti elektroda menyebabkan arus listrik terhambat sehingga ion H^+ pada elektroda tidak dapat berikatan dengan senyawa ortofosfat. Hal ini terjadi pada menit ke-30 dan 60 pada besar tegangan 6V serta pada menit ke-15 dan 60 dengan besar tegangan 12V. Hal ini diduga menjadi penyebab peningkatan konsentrasi ortofosfat.

Nilai pH tertinggi, yaitu 8,13 didapat pada perlakuan dengan besar tegangan 6V selama 60 menit. Hal tersebut disebabkan oleh adanya pelepasan jumlah ion OH^- yang lebih besar dari ion H^+ selama proses elektrokoagulasi berlangsung (Bundschuh *et al.* 2008). Nilai tersebut sudah memenuhi baku mutu perairan kelas 3 (KLH 2001) dan pH standar untuk kegiatan pemeliharaan ikan lele sebesar 6,50–9,00 (Boyd & Lichtkoppler 1979).

Nilai kekeruhan, warna, TSS, dan TDS cenderung menurun yang terjadi karena adanya pengikatan partikel koloid bermuatan negatif, selama proses elektrokoagulasi berlangsung, oleh koagulan yang bermuatan positif hingga membentuk flok dan mengendap di dasar perairan (Trapsilasiwi & Assomadi 2011). Namun, pada penelitian ini terjadi peningkatan parameter kekeruhan dan TSS yang diduga disebabkan oleh belum sempurnanya proses pengendapan flok. Nilai parameter TSS dan TDS yang diperoleh pada penelitian ini kurang dari nilai minimal pada baku mutu perairan, yaitu sebesar 400 mgL^{-1} dan 1000 mgL^{-1} (KLH 2001).

Parameter kekeruhan dan warna pada penelitian ini tidak melebihi baku mutu kualitas air bersih untuk perikanan budi daya menurut Peraturan Menteri Kesehatan Republik Indonesia (1990), yaitu sebesar 25 mgL^{-1} dan 50 mgL^{-1} . Berdasarkan nilai parameter kekeruhan, warna, TSS, dan TDS tersebut, air limbah yang telah diolah pada penelitian ini dapat digolongkan dalam kelompok air bersih.

Penentuan besar tegangan dan lama waktu kontak yang efektif didasarkan pada perubahan terbaik dari semua parameter kualitas air yang diujikan. Berdasarkan hal tersebut didapatkan bahwa penurunan bahan organik yang paling efektif diperoleh pada perlakuan 12V selama 60 menit, sedangkan perlakuan terbaik yang didasarkan pada perubahan nilai amonia bebas diperoleh pada perlakuan 12V selama 30 menit.

Secara keseluruhan didapatkan bahwa teknik elektrokoagulasi dapat diterapkan di kolam penampungan air limbah untuk mengolah air limbah pemeliharaan lele. Meskipun demikian, masih diperlukan beberapa penyempurnaan dalam mengaplikasikan teknik tersebut untuk mendapatkan hasil yang lebih baik. Hal ini memunculkan harapan mengenai teknik pengelolaan limbah yang lebih efektif dan efisien.

KESIMPULAN

Metode elektrokoagulasi dapat digunakan untuk mengolah air limbah pemeliharaan ikan. Pada penelitian ini didapatkan penurunan kualitas air untuk parameter COD, ortofosfat, kekeruhan, warna, TSS dan TDS. Sementara peningkatan nilai terdapat pada parameter ammonia, ammonium dan pH. Besar tegangan listrik dan waktu kontak yang efektif untuk diaplikasikan dalam menurunkan bahan organik air limbah pemeliharaan ikan adalah 12V selama 60 menit, sedangkan jika berdasarkan pertimbangan peningkatan parameter amonia bebas, maka perlakuan terbaik yang dipilih adalah 12V selama 30 menit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih diberikan kepada tim peneliti produktivitas lingkungan perairan dan Ibu Hendriani selaku pakar dalam bidang pengolahan limbah menggunakan metode elektrokoagulasi.

DAFTAR PUSTAKA

- [EPA] Environmental Protection Agency. 2013. *Aquatic Life Ambient Water Quality Criteria for Ammonia-Freshwater* (US): EPA-822-R-13-001.
- Adhoum N, Monser L, Bellakhal N, Belgaied JE. 2004. Treatment of electroplating wastewater containing Cu^{2+} , Zn^{2+} and Cr(VI) by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. B112: 207–213. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.04.018>

- Akinbile CO dan Yusoff MS. 2012. Assessing water hyacinth (*Eichornia crassipes*) and lettuce (*Pistia stratiotes*) effectiveness in aquaculture wastewater treatment. *International Journal of Phytoremediation*. (14): 201–211. <https://doi.org/10.1080/15226514.2011.587482>
- Arifin M. 2000. Pengolahan Limbah Hotel Berbintang [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Bektaş N, Akbulut H, Inan H, Dimoglo A. 2004. Removal of phosphate solutions by electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 106B: 101–105. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2003.10.002>
- Boyd CE, Lichtkoppler F. 1979. *Water Quality Management In Pond Fish Culture Research and Development Series No 22*. Auburn (US): Auburn University, Agricultural Experiment Station.
- Emamjomeh MM, Sivakumar M. 2005. Electrocoagulation (EC) technology for nitrate removal. N Khanna, editor. *Environmental Postgrad Conference; Environmental change: Making it Happen*; 2005; Melbourne, Victoria. Melbourne (AU-VIC): RMIT School Civil and Chemical Engineering: 1–8.
- Emerson K, Russo RC, Lund RE, Thurston RV. 1975. Aqueous ammonia equilibrium calculations: Effect of pH and temperature. *Journal of the Fisheries Research Board of Canada*. 32: 2379–2383.
- Hendriarianti E, Sandy AP. 2011. Pengaruh jenis elektroda dan jarak antar elektroda dalam penurunan COD dan TSS limbah cair Laundry menggunakan elektrokoagulasi konfigurasi monopolar aliran kontinyu. *Lingkungan Tropis*. 4(2): 73–80.
- Holt PK, Barton GW, Mitchell CA. 2005. The future for electrocoagulation as a localised water treatment technology. *Chemosphere*. 59: 355–367. <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2004.10.023>
- Hudori. 2008. Pengolahan air limbah laundry dengan menggunakan elektrokoagulasi. [Tesis]. Bandung (ID): Institut Teknologi Bandung.
- Iswanto B, Silalahi MDS, Purnama FD. 2009. Pengolahan air limbah emulsi minyak-deterjen dengan proses elektrokoagulasi menggunakan elektroda aluminium. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(2): 55–61. <https://doi.org/10.25105/urbanenvirotech.v5i2.674>
- Johnson W, Chen S. 2006. Performance evaluation of radial/vertical flow clarification applied to recirculating aquaculture systems. *Aquacultural Engineering*. 34: 47–55. <https://doi.org/10.1016/j.aquaeng.2005.05.001>
- [KLH] Kementerian Lingkungan Hidup. 2001. Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 82 Tahun 2001. Jakarta (ID).
- Koparal AS, Ögütveren ÜB. 2002. Removal of nitrite from water by electroreduction and electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. B89: 83–94. [https://doi.org/10.1016/S0304-3894\(01\)00301-6](https://doi.org/10.1016/S0304-3894(01)00301-6)
- Kordi K MGH. 2008. *Budi Daya Perairan*. Bandung (ID): PT Citra Aditya Bakti.
- Mollah MYA, Morkovsky P, Gomes JAG, Kesmez M, Parga J, Cocke DL. 2004. Fundamental, present and future perspectives of electrocoagulation. *Journal of Hazardous Materials*. 114: 199–210. <https://doi.org/10.1016/j.jhazmat.2004.08.009>
- Ozbay G. 2005. Effects of coagulant treatment on aquaculture effluent quality. *Journal of Applied Aquaculture*. 17(4): 1–23. https://doi.org/10.1300/J028v17n04_01
- Rahardja BS, Prayogo, Mahasri G, Hardhianto MD. 2010. Efektifitas bakteri (*Pseudomonas*) sebagai pengurai bahan organik (protein, karbohidrat, lemak) pada media air limbah pembenihan ikan lele dumbo (*Clarias* sp.) sistem resirkulasi tertutup. *Jurnal Ilmiah Perikanan dan Kelautan*. 2(2): 159–164.
- Rice EW, Baird RB, Eaton AD, Clesceri LS. 2012. *APHA (American Public Health Association): standard method for the examination of water and wastewater 22th ed*. Washington DC (US): AWWA (American Water Works Association) and WEF (Water Environment Federation).
- Saleem M, Chakrabarti MH, Hasan DB. 2011. Electrochemical removal of nitrite in simulated aquaculture waste water. *African Journal of Biotechnology*. 10(73): 16566–16576.
- Trapsilasiwi KR, Assomadi AF. 2011. Aplikasi elektrokoagulasi menggunakan pasangan elektroda aluminium untuk pengolahan air dengan sistem kontinyu. Surabaya (ID): Institut Teknologi Sepuluh November.
- Vo KA, Xu XJ, Li TG, Peng RH, Liu SL, Yue XL. 2015. Research on a new electrochemical method combined with chemical coagulation in removal of lead, zinc, and copper from wastewater. *Desalination and Water Treatment*. 1–10.
- Wood CM. 1993. Ammonia and urea metabolism and excretion. In: *The physiology of fishes*. Evans, D.H. (Ed.). Ohio (US): CRC Press.
- Yulianto A, Hakim L, Purwaningsih I, Pravitasari VA. 2009. Pengolahan limbah cair industri batik pada skala laboratorium dengan menggunakan metode elektrokoagulasi. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 5(1): 6–11.